

Sampo Hirvelä

# Laboratoriotilojen LVI-materiaalit ja varusteet

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

1.4.2015

Tekijä Otsikko	Sampo Hirvelä Laboratoriotilojen LVI-materiaalit ja varusteet
Sivumäärä Aika	27 sivua + 4 liitettä 1.4.2015
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikan työnjohto
Ohjaajat	lehtori Jyrki Viranko LVI-projektipäällikkö Joni Jumisko
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä selvitystyö laboratoriotiloissa käytettävistä LVI-materiaaleista ja varusteista. Työ toteutettiin toimeksiantona SRV Rakennus Oy:lle.</p> <p>LVI-tekniikka on oleellinen osa laboratoriotiloja, jotta ne saadaan toimimaan niille tarkoitulla tavalla. Laboratoriotiloja on eri käyttötarkoituksia varten, joten myös LVI-teknisesti laboratoriotilat ovat erilaisia. Laboratorioissa on paljon varusteita, jotka liitetään LVI-tekniikkaan. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mitä varusteita laboratoriotiloissa käytetään ja mitkä ovat niiden käyttötarkoitukset ja toimintaperiaatteet. Tarkoituksena oli myös selvittää, millaisia putkistovarusteita laboratoriotiloissa käytetään ja mikä niiden käyttötarkoitus on, ottaen huomioon materiaalivalinnoilla saatavat vaikutukset huomioon.</p> <p>Laboratoriotiloissa lähtökohtana on se, että laboratorio suojataan joko ympäröiviltä epäpuhtauksilta tai ympäristöä suojellaan laboratorion epäpuhtauksilta, jonka mukaan laboratoriota lähdetään rakentamaan. Kun tiedetään laboratorion käyttötarkoitus ja aineet, joita laboratorioissa tutkitaan, voidaan pohtia materiaalivalintoja ja varusteita, joita laboratoriotiloissa tarvitaan.</p> <p>Opinnäytetyötä tehdessä pyrin ottamaan esiin kaikki olennaisimmat varusteet ja materiaalit, joita laboratoriotiloissa käytetään. Pyrin selvittämään LVI-tekniisiä asioita, joita Huslab-työmaalla on jouduttu pohtimaan. Materiaaleina käytin enimmäkseen määräyksiä, standardeja ja valmistajien tuotetietoja havainnollistaen Huslab-työmaan esimerkeillä.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi havainnollistava esite laboratoriotilojen LVI-materiaaleista ja varusteista ja niiden käyttötarkoituksista ja toimintaperiaatteista.</p>	
Avainsanat	laboratorio, LVI, materiaalit, varusteet

Author Title	Sampo Hirvelä HVAC materials and laboratory equipment
Number of Pages Date	27 pages + 4 appendices 1 April 2015
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructors	Jyrki Viranko, Principal Lecturer Joni Jumisko, Project Manager
<p>The aim of this final year project was to study HVAC materials and equipment that are used in laboratories. The goal of the project was to study what HVAC equipment is used in laboratories and to find out how the equipment work. The goal of the project was also to study the advantages and disadvantages of the HVAC materials and to find out what materials are the most usable in laboratories.</p> <p>The study was done by using Finnish building codes and standards and studying the manufacturer's product information. A construction site of Huslab was also used in this project by giving examples of what materials and equipment have been used in Huslab and why.</p> <p>In addition an informational brochure was created in this final year project, clarifying what HVAC equipment and materials can be used in laboratories. The brochure also describes the use of the HVAC equipment and defines what needs to be known about the equipment of laboratories.</p> <p>This thesis can be used to define what kind of building service engineering is used in laboratories and how laboratories are made to work as planned in general.</p>	
Keywords	laboratory, HVAC, materials, equipment

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Huslab-rakennuksen esittely	2
3	Vesi	5
3.1	Imusuojaukset	5
3.2	Laboratoriokalusteet	8
3.2.1	Vetokaapit	8
3.2.2	Laboratoriohanat	8
3.2.3	Silmäsuihku	9
4	Viemäri	11
4.1	Viemärimateriaalit	11
4.2	Jäteveden käsittely	13
5	Ilmanvaihto	16
5.1	Ilmanvaihtokanavien materiaalit	16
5.2	Ilmanvaihtokanavien tiiviys	16
5.3	Ilmanvaihtokanavien varusteet	17
5.3.1	Paineenhallintajärjestelmä	17
5.3.2	Hepa-suodatus	19
5.3.3	Kohdepoisto	21
6	Höyry	23
6.1	Höyryputkien materiaalit	23
6.2	Höyry Huslab-rakennuksessa	23
7	Yhteenveto	25
	Lähteet	26
	Liitteet	
	Liite 1. Nesteluokkiin sopivien takaisinimusoijien matriisi	
	Liite 2. PE-muoviputken ominaisuudet	
	Liite 3. HST-viemäriputken materiaalien vastustuskykytaulukko	
	Liite 4. Esimerkki paineenhallintajärjestelmän kytkentä ja säätökaaviosta	

## 1 Johdanto

Laboratoriotiloja on monentasoisia ja niissä tutkitaan aineita, jotka saattavat olla ihmisille haitallisia. Mitä haitallisempia aineita laboratorioissa tutkitaan, sitä enemmän laboratoriotiloilta vaaditaan sekä rakennus- että LVI-tekniisesti. Teknisesti haastavimpia laboratoriotiloja ovat esimerkiksi BSL-tilat, joissa tutkitaan ihmiselle vaarallisia viruksia ja bakteereja. Näissä laboratoriotiloissa virusten leviämistä estetään muun muassa tiiviiksi rakennetuilla puhdistalaelementeillä, tilojen painesuhde-eroilla, Hepa-suodatuksilla ja vesijohtojen imusuojuuksilla.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä selvitystyö laboratoriotilojen LVI-materiaaleista ja varusteista, joita voidaan käyttää laboratoriotiloja rakentaessa. Tarkoituksena on syventyä eri putkistomateriaaleihin ja selvittää, minkälaisia vaikutuksia materiaalivalinnoilla voidaan saada aikaiseksi ja mitä tulee ottaa huomioon materiaaleja valittaessa. Putkistovarusteilla laboratoriotilat saadaan toimimaan halutulla tavalla. Työn tarkoituksena on selvittää, millaisia putkistovarusteita laboratoriotiloissa käytetään ja mikä niiden käyttötarkoitus on.

Tässä opinnäytetyössä käytetään esimerkkirakennuksena Huslab-työmaata, joka on Meilahteen rakenteilla oleva tutkimusrakennus, johon tulee pääasiallisesti vaativia laboratoriotiloja, puhdistiloja sekä näytteenoton analysointi- ja asiakaspalvelutiloja.

Opinnäytetyö toteutetaan SRV Rakennus Oy:n talotekniikkaosaston toimeksiantona. SRV Rakennus Oy on osa konsernia, jonka emoyhtiö on SRV Yhtiöt Oyj. Konsernin liikevaihto oli 684,4 miljoonaa euroa vuonna 2014. Liikevaihdosta muodostui Suomessa noin 92 prosenttia ja noin 8 prosenttia kansainvälisessä liiketoiminnassa. SRV työllistää noin tuhat henkilöä. SRV toimii Suomessa, Venäjällä ja Baltiassa. (1)

Olen itse työskennellyt SRV Rakennus Oy:ssä 1.9.2014 alkaen Huslab-työmaalla.

## 2 Huslab-rakennuksen esittely

Huslab on Meilahteen rakennettava tutkimusrakennus, jonka rakennuttaja ja tilaaja on Helsingin Yliopistokiinteistöt Oy. Rakennuksen pääkäyttäjäksi tulee Huslab.

Rakennuksen bruttoala on noin 24 000 m<sup>2</sup>, kerrosala noin 13 000 m<sup>2</sup> ja huoneistoala noin 21 900 m<sup>2</sup>. Samalla tontilla sijaitsevan Haartmaninkatu 3:n nykyrakennukset ovat valmistuneet 1966 Helsingin Yliopiston käyttöön. Uudisrakennus liittyy olemassa olevaan Haartmaninkatu 3:n kiinteistöön (2, s. 15). Uudisrakennus koostuu seitsemästä maanpäällisestä kerroksesta ja kolmesta kellarikerroksesta. Rakennus on jaettu kahteen lohkoon, josta ensimmäisessä lohossa on 6 kerrosta (K3–3 krs.), tätä kutsutaan matalaksi osaksi. Toisessa lohossa on 10 kerrosta (K3–7 krs.), tätä kutsutaan korkeaksi osaksi.

Rakennukseen keskitetään Huslabin näytteiden analysointi- ja tutkimustoiminta ja perusterveydenhuollon alaisuuteen kuuluva näytteenottopiste, joka palvelee koko sairaanhoitopiirin asiakkaita.

Rakennus koostuu useista eri tilatyypeistä, joita ovat muun muassa

- avolaboratoriot
- erikoislaboratoriot
- automaattilaboratorio oheistiloineen
- asiakaspalvelutilat (näytteenottotilat)
- kylmä- ja pakkastilat
- välinehuoltotilat
- BSL2- ja BSL3-tilat
- puhdastilat
- laboratoriolaitetilat
- toimisto- ja neuvottelutilat
- sosiaalitilat
- varastot

- tekniset tilat (ilmanvaihtokonehuoneet, lämmönjakuhuone, sprinklerikeskus, varavoimakonehuone ym.).

Rakennuksen monissa eri laboratoriotiloissa käytetään paljon samaa tekniikkaa, mutta esimerkiksi haastavissa BSL3-laboratorioissa on paljon erityisvaatimuksia. Näissä turvalaboratorioissa käsitellään muun muassa vaarallisia viruksia, joiden käsittely alemmilla turvatasoilla ei ole mahdollista. Tilaan on rajattu pääsy, ja siellä työskennellään raskaissa suojavaatetuksissa, joten ilman lämpötilan on pysyttävä miellyttävänä ja ilman kosteus ei saa nousta liian korkeaksi. BSL-tiloihin kuljetaan aina välitilan kautta. Välitila on alipaineistettu 30 pascalilla ja laboratoriotila 50 pascalilla, näin pystytään varmistamaan, että virukset eivät pääse leviämään pois laboratoriotiloista. Paineistuksia seurataan paine-eromittareilla, jotka on kytketty hälytysjärjestelmään väärän paineistuksen varalta. Poistoilma johdetaan pois kahdennetun Hepa-suodatuksen kautta ja ilmastointi kytketään varavoimaan. Kaikki talotekniikan säätimet sijoitetaan BSL3-tilojen ulkopuolelle, jotta ne ovat huolettavissa. Lattiat, katot ja seinäelementit rakennetaan desinfektioaineita kestävästä materiaaleista, jotka ovat pinnaltaan kosteutta hylkiviä. Myös LVI-tekniikan materiaalivalinnat tehdään tiloihin soveltuviksi.

Puhdastilatoiminnoissa suoritetaan lukuisia geenimonistusta edeltäviä työvaiheita, joten olosuhdevaatimukset ovat tiukat. Tämä tarkoittaa sitä, että tarvitaan eritasoisia puhdastiloja. Toiminto jakautuu useaan huoneeseen ja kussakin huoneessa voidaan tehdä vain osaa koko toiminnosta. Puhdastila ovat ylipainetiloja, ja ne kootaan niin sanottuun puhdastilablokkiin, jonka välillä liikuttaessa ei poiketa ”likaiselle” alueelle. Huoneiden välillä on hallitut paine-erot, ja tuloilma tuodaan tilaan eriateisten Hepa-suodatusten kautta. Painesuhteet, sulkutilan ja ympäristön välillä määritellään puhdastilaprosessin tarpeiden mukaan. Kulku puhdastilaan suoritetaan aina sulkutilan kautta.

Rakennus varustetaan koneellisella ilmanvaihdolla. Matalalla osalla ilmanvaihtokojeet sijoitetaan pääosin käyttötilojen yläpuolelle pääkonehuoneeseen. Paikoitushallin, lastauspihan ja sosiaalityötilojen koneet sijoitetaan kerrokseen K1–K3. Pääkuiluja rakennetaan 4 kpl matalan osan rungon keskelle. Korkeaosa varustetaan puolestaan kerroskohtaisilla konehuoneilla, johon rakennetaan 2 kpl pääkuiluja, kerroskonehuoneet toimivat myös pääkuiluna IV-kanaville ja putkistoille. IV-konehuoneiden hajauttaminen kerroskohtaisiksi konehuoneiksi säästää puhallinenergiaa, jolloin jakokanavistoista tulee lyhyempiä. Mahdolliset myöhemmin tehtävät muutokset voidaan näin ollen tehdä paikallisesti, eivätkä ne vaikuta muiden kerrosten toimintaan. (2, s. 67.)

Ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan tarkoituksenmukaisella tehonohjauksella. Laboratoriotilojen ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan ilmanmääräsäätimillä painesuhteiden hallitsemiseksi. Tehokkuutta ohjataan vetokaappien ja kohdepoistojen käyttöasteen mukaan, kuitenkin niin, että ilmanvaihtoa pidetään aina työskentelyn vaatimalla minimitasolla. Laboratoriotilojen yllämpöä poistetaan sekä ilmanvaihdolla että puhallinkonvektoreilla laboratoriotiloista riippuen.

Rakennus liitetään kaukolämpöverkoston ja peruslämmitys tapahtuu patteriverkoston asennettavilla radiaattoreilla ja lattialämmitysverkostoilla. Lattialämmitys- ja sisäänajoluiskanlämmitysputkistot tehdään happidiffuusiosuojatusta muoviputkesta. Putket asennetaan pintavaluun lämpöeristyksen päälle. Parkkihallit, liikenneväylät lastauslaitureineen ja jätetilat ovat puolilämpimiä ilmalämmitteisiä tiloja. (2, s. 47.)

Rakennus liitetään kunnalliseen vesi- ja viemäriverkoston ja se varustetaan kylmä-, lämpimän veden kierto- ja lämminvesijohdoilla. Lämmin käyttövesi valmistetaan lämmönjakokeskuksessa käyttöveden lämmönsiirtimillä. Talousvesi- ja viemärijärjestelmään sisältyvät normaalit sosiaali- ja taukotilojen vesi- ja viemärikalusteet sekä erikoistilojen vesipisteet. Rakennukseen rakennetaan erillinen laboratorioviemäriverkosto, joka liittyy pohjaviemäriin kellarikerroksissa. (2, s. 60.)

HUS:n sairaala-alueen verkosta saadaan höyry rakennukseen. Höyry tuodaan rakennukseen yhdyskäytävän kautta ja se varustetaan höyryn määrämittauksella, putken nimelliskoko on DN80. Höyryputken rinnalle asennetaan lauhteenkeräysputki ja rakennus varustetaan lauhteen palautusjärjestelmällä, joka yhdistetään HUS:n lauhteenpalautusverkoston yhdystunnelissa. Höyryä tarvitaan välinehuollon pesukoneille ja autoklaaville, BSL-laboratorion autoklaaville sekä tarvittaessa jäteveden sterilointiin. (2, s. 91.)

Rakennukseen rakennetaan keskitetty paineilmajärjestelmä, jonka kastepistevaatimus on +3 °C. Paineilma tuotetaan öljyttömällä kompressorikojeikolla. Kompressorin painetaso on 8 baaria, josta paineilmajärjestelmän tuotoksi saadaan 1,5–2,5 m<sup>3</sup>/min. Järjestelmä varustetaan kahdella painesäiliöllä, joiden tilavuus on 500 litraa. Paineilma kuivataan sisäänrakennetulla jäähdytyskuivaimella. Paineilma tehdään RST-putkesta (2, s. 89.)



### 3 Vesi

#### 3.1 Imusuojaukset

Suomen rakentamismääräysten mukaan kiinteistön vesilaitteistot on rakennettava siten, että veden kanssa kosketuksiin joutuvista materiaaleista ei pääse irtoamaan tai liukenemaan haitallisia aineita vesijohtoon. Veden tulee täyttää kaikki laatuvaatimukset ilman poikkeuksia. Vesijohtojen- ja vesikalusteiden materiaaleiksi sopivat kaikki laadultaan testatut ja tarkastetut materiaalit. CE-merkittyjä materiaaleja käyttämällä voidaan varmistaa, että tuotteet täyttävät tarvittavan laadun. Vesilaitteistot on asennettava niin, että takaisinimeytys sekä nesteiden ja kaasujen tunkeutuminen vesijohtoon ei ole mahdollista, jotta vältetään veden saastumiselta. (3, s. 7.)

Nesteen takaisinvirtaus vesilaitteistoissa voi tapahtua eri syistä, kuten paineen laskun aiheuttamana. Paineen lasku voi johtua esimerkiksi venttiilin toiminnasta, putkirikosta, liiallisesta vedenkulutuksesta osassa laitteita tai paineenkorotuspumpun häiriötilanteista. Takaisinvirtaus voi myös syntyä vastapaineena, jossa jokin ei-talousvesilaitteiston paine ylittää vesijohtoverkon paineen. (4, s. 14.)

Nesteet, jotka voivat olla yhteydessä talousveteen voidaan luokitella viiteen ryhmään. Luokan 1 neste on ihmisten käyttämää talousvettä. Luokan 2 nesteet ovat nesteitä, jotka on todettu sopivan ihmisten käyttöön, mutta ne eivät ole ihmisille haitallisia, kuten talousvesi, jonka haju, maku tai väri on muuttunut. Luokan 3 nesteet ovat ihmiselle vähäisen terveydellisen vaaran aiheuttamat nesteet. Luokan 4 neste voi aiheuttaa ihmiselle terveydellisen vaaran sisältämällä ihmiselle myrkyllisiä aineita. Luokan 5 neste voi aiheuttaa ihmiselle terveydellisen vaaran sisältämällä virusperäisiä tai mikrobiologisia aineita. (4, s. 16.)

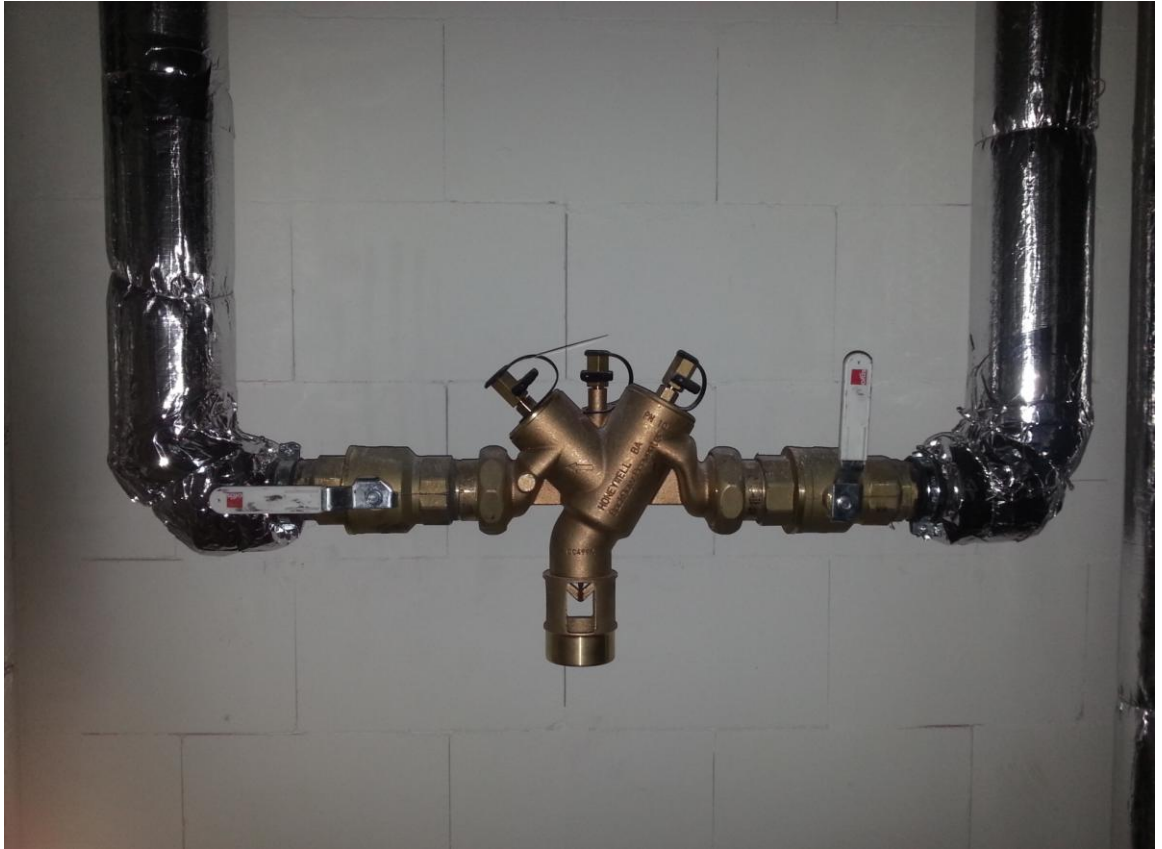
Kun nesteiden haittaluokka ja suojattavat kohdat on määritetty, tulee seuraavaksi selvittää laitteiston ominaisuudet. Selvitetään, kohdistuuko talousveden jakeluverkoston suojattavaan kohtaan ilmanpaine vai paine, joka ylittää ilmanpaineen. Jos suojattavaan kohtaa kohdistuu normaali ilmanpaine, suojattava kohta sijaitsee enimmäistoimintatason yläpuolella. Jos suojattavaan kohtaan puolestaan kohdistuu korkeampi paine kuin normaali ilmanpaine, sijaitsee suojattava kohta enimmäistoimintatason alapuolella. (4, s. 16.) (Liite1.)

Kaikki viemäroitävät laitteet, jotka liitetään vesijohtojen jakeluverkostoon, on varustettava riittävällä ilmavälillä ennen viemäriin purkamista. Ilmaväli tulee toteuttaa voimassa olevien standardien ja säädösten mukaan. (4, s. 18.)

Saastumisriskin kartoitus talousvedelle pystytään tekemään laitteiston analyysillä. Siinä tulee ottaa huomioon laitteistolta suojattavan nesteluokan arviointi ja suojattavan laitteistoin tekniset ominaisuudet.

Takaisinimusuojat tulee asentaa siten, että ne varmasti estävät saastuneen veden takaisinvirtauksen. Laitteita, jotka on varustettu ilma-aukolla, ei myöskään saa asentaa tilaan, jossa on tulvimisvaara ja suojauslaitteet tulee suojata ulkopuoliselta saastumiselta. Suojaukseen käytettävä suojaustaso ja laitteen toimintatapa riippuu saastuneen nesteen luokasta. Imusuojaus tulee aina valita enimmäisriskin perusteella, jonka vedenkäytön voi aiheuttaa. Imusuojauksen tulee toimia kaikissa painevaihteluissa aina 10 baariin asti, ja se tulee asentaa paikkaan, jossa siihen päästään käsiksi huolettavuuden, tarkastusten ja testausten vuoksi. Imusuojauksen osat tulee olla kiinteät niiltä osin, jotka vaikuttavat asetuksiin. Kukin imusuoja käsittää suojauslaitteen ja lisävarusteita, joita tarvitaan veden suojaamiseksi, kuten esimerkiksi venttiilit ja sihdit. (4, s. 22.)

Huslab-työmaalla laboratoriotilojen ja laitteiden liitännöiden takaisinimusuojaus toteutetaan standardin mukaisilla viemäroitävillä imusuojauksilla. Laboratorioissa käsitellään luokan 3 ja 4 nesteitä. Laitteistoanalyysin perusteella päädyttiin luokan 4 viemäroitäviin imusuojauksiin, jotka pääsääntöisesti asennetaan laboratoriovyöhykkeiden runkovesiputkien päihin. Jos laboratoriovyöhykkeelle tulee kaksi vesijohdonsyöttöputkea, asennetaan molempien syöttöputkien päihin imusuojaukset ennen kuin ne haarautuvat laboratoriotilojen kalusteille. Tämän lisäksi laboratorion laiteliitännät varustetaan takaisiniskulla. Kaikki letkuliitteiset hanat varustetaan myös imusuojauksilla. Osa laboratoriovyöhykkeen lämminvesijohtojen ja lämpimän veden kiertovesijohtojen suojaus on toteutettu imusuojausluokan 3 mukaan. Näihin liitettävät vesipisteet on tarkoitettu ainoastaan käsienpesuun.



Kuva 1. Honeywell BA295 -imusuoja ilman viemäröintiä Huslab-työmaalla, veden virtaussuunta vasemmalta oikealle kuvaan nähden.

Honeywell BA295 -takaisinvirtausestimeen (kuva 1) kuuluu lianerotin 0,6 mm silmäkoolla, panososa, jossa on takaisiniskuventtiili ja tyhjennysventtiili, takaiskuventtiili lähtöpuolella, liittimet ja tyhjennysliitäntä viemäröintiä varten. Imusuoja on asennettu kahden sulkuventtiilien väliin, jotta laite on huollettavissa. Laite viemäroidään DN32-kupariputkella. Imusuoja on jaettu kolmeen painevyöhykkeeseen. Vyöhykkeen 1 paine on suurempi kuin vyöhykkeen 2 paine, joka puolestaan on suurempi kuin vyöhykkeen 3 paine. Vyöhykkeeseen 2 on liitetty tyhjennysventtiili, joka avautuu viimeistään, kun vyöhykkeiden 1 ja 2 väinen paine-ero on laskenut alle 0,14 baariin. Näin vesi virtaa vyöhykkeen 2 kautta ulos. Paine tai takaisinimu syöttöverkon suuntaan on näin estetty. Putkiyhteys on poikki, ja talousvesiverkko on suojassa. (5. s. 18.)

BSL-laboratoriotiloissa käsitellään ihmiselle haitallisia viruksia ja bakteereja, jotka asetavat nesteluokaksi 5. BSL-tiloihin rakennetaan erillinen vesijohtoverkosto, jonka syöttöputki otetaan kylmästä vedestä. Tilan käyttövesi tuodaan erillisen säiliön kautta omilla pumpuilla. BSL-tilassa ilmaväli on ainoa hyväksytty suojaus. Kylmä vesi johdetaan Ho-

neywell CBU140 -imusuojan kautta lämminvesivaraajaan ja kylmävesi suoraan BSL-tilaan, imusuojan kautta. Näin ollen yhtä imusuojaa käyttäen pystytään tuottamaan kylmävesijohdot, lämminvesijohdot ja lämpimän veden kiertovesijohdot riittävän suojauksen kautta raskaaseen laboratoriotilaan.

## 3.2 Laboratoriokalusteet

### 3.2.1 Vetokaapit

Vetokaappeja valittaessa tärkein asia on tietää, mitä mahdollisia aineita vetokaapeissa käsitellään. Tämän perusteella valitaan vetokaapin työskentelytason-, seinien- ja mahdollisten varusteiden materiaalit. Työskentelytaso voidaan tehdä esimerkiksi haponkestävästä teräksestä, polypropeenista tai lasitasosta. Mahdollisten vesipisteiden hanojen materiaalit tulee myös ottaa huomioon, että ne soveltuvat vetokaapeissa käytettävien materiaalien kanssa eivätkä huononna hanojen kestävyyttä. Vetokaapin viemärointi tulee myös asentaa siihen soveltuvalla viemäriputkella

Mahdolliset vetokaappitason alle sijoitettavat kaapit voidaan liittää vetokaapin poistoilmaan. Poistoilmalla saadaan vetokaappi alipaineiseksi ja turvalliseksi työskennellä. Jos alapuolelle halutaan laittaa esimerkiksi happo- tai paloturvakaappi, on sen liittäminen vetokaapin poistoilmaan välttämätöntä. Käytettävien materiaalien mukaan tulee poistoilmakanavan materiaali valita siten, että se kestää poistettavan ilman epäpuhtaudet. Kaapit voidaan asentaa esimerkiksi olemassa olevaan ilmanvaihtoon tai varustaa erillisellä puhaltimella. Huslab-työmaalla vetokaapit kytketään paineenhallintajärjestelmään, jolla säädetään vetokaappien poistoilmaa ja laboratoriotilojen painesuhteita.

### 3.2.2 Laboratoriohanat

Laboratoriotilojen hanat valitaan tiloissa käytettävien aineiden mukaan. Jos tiloissa käytetään paljon kemikaaleja, soveltuu epoksilakattu messinkinen hana paremmin kuin perinteinen kromattu hana. Epoksilakattu hana on suunniteltu kestävämpään paremmin kemikaaleja, ja näitä hanoja voidaan käyttää niin pöytä-, seinä- kuin vetokaappiasennuksiin. Hanoja valittaessa tulisi ottaa myös huomioon riittävä ilmaväli viemärointiin.

### 3.2.3 Silmäsuihku

Laboratoriotiloissa tulee ottaa huomioon mahdolliset silmiin kohdistuvat onnettomuudet, joissa esimerkiksi syövyttävät aineet voivat aiheuttaa vakavia henkilövahinkoja. Tämän vuoksi on tärkeää asentaa riittävät hätäsuihkujärjestelmät näiden vaarojen ensiavuksi. Suihku tulee sijoittaa työpisteen välittömään läheisyyteen, jotta ensiapua voidaan antaa mahdollisimman nopeasti. Suihkuissa käytettävän veden laatu tulee olla vähintään normaalin juomaveden tasoista (6, s. 3). Silmäsuikujen lisäksi laboratoriotiloihin voidaan asentaa myös vartalosuihku, jos se katsotaan tarpeelliseksi. Vartalosuihkulla pystytään antamaan ensiapua kokonaisvaltaisemmin kuin silmäsuikulla.

Huslabissa laboratoriotiloissa silmäsuikut (kuva 2) on sijoitettu laboratorikalusteiden pystyrunkojen päähän vesipisteiden yhteyteen käytävän puolelle. Suihkut ovat kädessä pidettävää mallia, joissa on yksi kulmasuutin. Näin ollen niihin päästään nopeasti käsiksi tarvittaessa. Silmäsuikut varustetaan termostaattisella sekoitusventtiilillä, jotta veden lämpötila pysyy sopivan haaleana käyttömukavuuden vuoksi. Lämpötilan ollessa 15–25 °C saavutetaan ihanteellinen lämpötila ja pystytään välttymään mahdolliselta hypotermialta. Termostaatissa on kuumen veden turvamekanismi (6, s. 16). Jos kylmän veden tulo katkeaa yllättäen, termostaatti katkaisee myös kuumen veden tulon automaattisesti, näin välttämään lisävahingoilta. Silmäsuikut varustetaan myös veden-säätelyjärjestelmällä, joka ylläpitää jatkuvaa ja riittävää virtausta vesijohtoverkoston paineenvaihteluista huolimatta.



Kuva 2. Avolaboratoriotilan silmäsuihku kytkettynä termostaattiseen sekoitusventtiiliin kuvassa oikealla.

## 4 Viemäri

### 4.1 Viemärimateriaalit

Laboratorion viemäröintiä suunnitellessa tulee ottaa huomioon viemäriin johdettavien aineiden laatu. On selvittettävä, tuleeko viemäriin kestää esimerkiksi paljon kemikaaleja tai lämpöä. Kun viemäröitävien aineiden kartoitus on tehty, voidaan viemärimateriaalit valita niiden teknisten ominaisuuksien perusteella. Valitaan käyttöön sopivin materiaali tai materiaalit, jotta viemäröinti saadaan toimimaan parhaalla mahdollisella tavalla.

PE-polyeteenimuoviputki on yksi vartenotettavista viemärimateriaaleista, josta on useita eri laatuja. PEH-muoviputki soveltuu parhaiten viemärimateriaaliksi sen korkean kulutuskestävyyden takia. PE-muoviputken ominaisuuspiirteitä ovat juuri korkea kulutuskestävyys, korroosiokestävyys, kemikaalikestävyys, sitä voidaan käyttää alhaisissa lämpötiloissa ja sen kitkakerroin on pieni. Putken käyttölämpötila on  $-50 - +80\text{ °C}$ , joten se ei sovellu korkeille lämpötiloille ja se on syttyvä materiaali. Viemäriin tukkeutuesssa, sen pesu kuumalla vedellä voi vahingoittaa putkea. Muovi kestävä hyvin laimeita happoja, emäksiä ja suolaliuoksia, mutta vahvasti hapettavat kemikaalit, kuten typpihappo ja halogeenit vahingoittavat muoviputkea. Alle  $60\text{ °C}$ :ssa vain harvat orgaaniset liuottimet ovat haitaksi putkelle, koska muovin korkea kiteisyysaste tekee siitä kemiallisesti hyvin kestävä. (7) (Liite 2.)

Myös muut muoviviemärituotteet, kuten PVC- ja PP-viemäriputket ovat vartenotettavia viemärimateriaaleja laboratoriotiloissa. Kuten PE-viemäriputkessa, myös PVC- ja PP-viemäriputkilla on hyvä kemikaalikestävyys. PVC-viemäriputket kestävä hyvin happoja ja emäksiä, mutta vahvat liuottimet ovat putkelle haitallisia. PP-viemäriputket puolestaan eivät sovellu käytettäviksi vahvasti hapettavien aineiden kanssa. PP-viemäriputken hyviä puolia on sen kemiallisen kestävyuden lisäksi höyrysterilisaation ja kuuman veden kestävyys. Huonoiksi puoliksi voidaan laskea alhaisten lämpötilojen kesto, huono kulutuskestävyys sekä PP-viemäriputki on syttyvä materiaali. PVC-viemäriputkella on puolestaan hyvä iskunkestävyys, mutta korkeat lämpötilat eivät sovellu viemäriputkelle sekä myös PVC on syttyvä materiaali. Muoviputkien suuri lämpölaajeneminen asettaa vaatimuksia putkien kiinnityksille ja kiintopisteille.

HST-viemäriputki on myös varteenotettava materiaali laboratorioden viemäriputkeksi. Se valmistetaan joko AISI 204 tai AISI 316L ruostumattomasta teräksestä. HST eli happonkestävä teräs on muhviputkista toteutettava viemärointimateriaali, jonka kemiallinen kestävyys on hyvä ja se kestää myös hyvin sekä matalia että korkeita lämpötiloja. HST-putki mahdollistaa tarvittaessa myös höyrypesun. HST-putki on pitkäikäinen, mutta sen korroosiokestävyys ei ole yhtä hyvä kuin muoviputkella. Muhvillisista putkista viemäriverkostoa rakentaessa tulee ottaa myös huomioon muhvien tiivisteiden valinta. Tiivisteet tulee valita siten, että ne eivät heikennä putkien materiaalin kestävyttä. Muhviliitoksien ansiosta putkien lämpölaajeneminen on pientä. (8) (Liite 3.)

Saint-Gobain valmistama SMU PLUS -valurautaviemäri (kuva 3), jonka putket ja osat on suojattu epoksipohjaisella lisäkerroksella, on myös yksi vaihtoehtoinen laboratoriotilojen viemärointimateriaali. Epoksikäsittelyn avulla putki on tehty kestäväksi intensiivistä käyttöä, korkeita lämpötiloja sekä parantamaan putken kemiallista kestävyttä. Putki kestää hyvin sekä emäksiset että happamat nesteet pH-välillä 1–13. SMU PLUS on palamaton materiaali, ja sen korroosiokestävyys on hyvä oikein asennettuna. Putkea katkaistaessa katkaisupinnat on aina käsiteltävä paikkamaalilla, jotta korroosiokestävyys säilyy hyvänä. Valuraudan lämpölaajeneminen on hyvin vähäistä verrattuna esimerkiksi muoviin. (9)



Kuva 3. SMU PLUS -valurautaviemärin koostumus (9)



Huslab-työmaalla laborioroiden viemärointi toteutetaan sekä PEH-muoviputkella että HST-putkella (kuva 4). Avolaboratoriotiloissa pesualtaiden viemärointi toteutetaan sähköhitsattavalla PEH-putkella vaakaosuudelta. Lattian ontelolaatan läpi asennetaan HST-viemäri jona se jatkuu läpi talon. Pesualtaaseen ja PEH- ja HST-viemäriputken liitoskohtaan asennetaan vesilukkomutkat. Tällä järjestelyllä varmistetaan se, että tarvittaessa veriplasman aiheuttamat hyytymät jäävät näiden kahden vesilukon väliin, jolloin se voidaan rassata helposti auki. Jos tukoksia joutuu pidemmälle viemäriputkistoon, se voidaan höyrypestä tarvittaessa HST -putken lämpökestävyyden johdosta. BSL-tilojen erillinen viemärointi toteutetaan kokonaisuudessaan PEH-viemäriputkesta. Kokoojaviemäri asennetaan BSL-tilan reunalla menevään kanaaliin, johon päästään käsiksi tarvittaessa huoltotoimenpiteitä varten.



Kuva 4. Avolaboratoriotilan PEH -vaakaviemäri kytkettynä HST -pystyviemäriin.

#### 4.2 Jäteveden käsittely

Kunnalliseen jätevesiverkostoon ei saa johtaa mitä tahansa jätevesiä. Viemäriin on kielletty johtamasta kaikki ympäristölle tai vesiympäristön kautta terveydelle tai ympäristölle vaaralliset tai haitalliset aineet, jotka voivat tehdä haittaa vesien käytölle. On annettu pitoisuusarvon haitallisille aineille, joita kunnallisverkkoon saa laskea. Pitoi-

suusarvot tarkoittavat toiminnosta muodostuvia jätevesiä, joita ei ole laimennettu muilla vesillä. Jos enimmäismäärät ylittyvät, tulee jätevedet hävittää asiankuuluvalla tavalla. Laboratoriotilojen haitallisten aineiden käytön mukaan jätevedet voidaan joutua käsittelemään ennen purkua kunnalliseen jätevesiverkkoon.

Laboratoriorakennuksen jätevesien puhdistaminen voidaan suorittaa esimerkiksi jatkuvalla jätevesien puhdistamisyksiköllä Steris Finn-Aqua CED:llä, joka on tarkoitettu biologisesti vaarallisten jätevesien puhdistusta varten. Jätevesi puhdistetaan jatkuvalla lämmittämällä. Jätevesiä lämmitetään määrättyssä lämpötilassa määrätyn ajan, minkä jälkeen vesi jäädytetään sopivaksi viemäritäivästä varten. Järjestelmä koostuu säiliö- ja puhdistusyksiköstä. Puhdistamisyksikön lämpö tuotetaan kyllästetyllä höyryllä. Ennen säiliötä voidaan halutessa asentaa myös kiinteänjätteenerottelujärjestelmä. Lopputulokseksi saadaan laadultaan viemäritäiväksi kelpavaa jätevettä. Sen takaa jatkuva lämpötilan valvonta ja vakaa jäteveden virtaus puhdistusjärjestelmän läpi. (10, s.10.)

Jätevesisäiliö on suunniteltu keräämään ja säilöämään jätevettä optimoidakseen puhdistusyksikön tasaisen käytön. Säiliö toimii ilmakehän paineella, ja se on varustettu tuuletusputkella. Tuuletusputkella on 0,2 mikrometrin suodatin varmistamassa, että tuuletusputken kautta ei pääse leviämään epäpuhtauksia ilmaan. Suodatinta lämmitetään sähkövastuksilla vähintään 80 celsiusasteessa poikkeuksetta. Säiliön esisuodatin suodattaa kaikki yli 0,8 mm:ä suuremmat kiintoaineet. Säiliön esisuodatin, säiliö ja tuuletusputken suodatin ovat kaikki automaattisesti höyrysteriloitavia. Jäteveden säiliön mitoitus tehdään yksilöllisesti perustuen jätevesimääriin, laboratorioden käytön ja puhdistusyksikön koon mukaan. (10, s.10)

Puhdistusyksikön puhdistusprosessi toimii yhtäjaksoisesti vähintään 150 celsiusasteen lämmöllä. Kyseisessä lämpötilassa saadaan tarvittava puhdistusvaikutus noin kolmessa ja puolessa sekunnissa ja tämän takia jatkuvaa jäteveden virtaamaa voidaan puhdistaa keskeytymättä. Puhdistusputki mitoitetaan siten, että putken maksimivirtaamallakin jätevesi altistuu tarvittavalle lämmölle riittävän pitkän ajan. (10, s. 10.)

Puhdistusyksikkö koostuu kahdesta keskipakoispumpusta, jäädyttimestä ja lämmönsiirtimestä, jotka on suunniteltu veden lämmittämiseen riittävän suureksi puhdistuksen tarvitsemalle tasolle ja puhdistuksen jälkeen viilentämään jäteveden riittävän viileäksi viemäritäiväksi kunnallisverkostoon. Puhdistusyksikköön asennetaan kaksi lämpötilanturia yksikön alkupäähän ja loppuun, jotta voidaan olla varmoja, että riittävät lämpöti-

lat on saavutettu. Kun jätevesi on käynyt puhdistusprosessin läpi, se ohjataan joko kunnallisverkostoon tai takaisin puhdistusprosessin alkuun riippuen siitä, onko prosessi onnistunut. (10, s. 11.)

Jätevesisäiliössä on kaksi tunnistinta, jotka mittaavat säiliöön tulevan jäteveden korkeutta. Normaalisessa tilanteessa, kun säiliö on riittävän täynnä, puhdistusprosessi alkaa ja kestää niin kauan kuin se saavuttaa alatunnistimen tason. (10, s. 11.)

Puhdistimen toimivuuden varmistamiseksi järjestelmässä on itsetestaus. Kun laite on ollut riittävän ajan pois käytöstä, se testaa, että kaikki tarvittavat toiminnot toimivat tarvittavalla tavalla. (10, s. 11.)

Huslabissa laboratoriotiloille on rakennettu erillinen jätevesiverkko. Jäteveden puhdistusyksikölle jätetään varaus ja se voidaan ottaa tarvittaessa käyttöön. Viemäreihin ei siis saa johtaa sinne kuulumattomia aineita, vaan ne hävitetään asiaan kuuluvalla tavalla. Jos myöhemmin katsotaan, että puhdistusyksikölle on tarvetta, se voidaan ottaa käyttöön erillisen laboratorioviemäröinnin takia.

## 5 Ilmanvaihto

### 5.1 Ilmanvaihtokanavien materiaalit

Suomen rakentamismääräyksien mukaan ilmanvaihtokanavien ja kanavien osien materiaalit ja seinämäpaksuudet tulee valita siten, että ne kestävät niihin kohdistuvat rasitukset, kuten kuumuuden ja puhdistuksen. Poistoilman sisältäessä haitallisessa määrin esimerkiksi syövyttäviä kaasuja tulee poistoilman kanavat tehdä kyseisiin olosuhteisiin kestävästä rakennusmateriaaleista, jotta ne saavuttavat tarvittavan kestävyysajan ja toimivat niille suunnitellulla tavalla. (11, s. 4.)

Ilmanvaihtokanavamateriaalit valitaan laboratoriorakennuksessa niiden teknisten vaatimuksien mukaan. Huslab-työmaalla ilmanvaihtokanavat rakennetaan pääosin sinkitystä teräskanavasta. Tarvittaessa kanavat voidaan rakentaa myös kuumasinkitystä kanavasta, jonka happoisten aineiden kestävyys on parempi kuin sinkityn kanavan. Poikkeuksena erikoiskohdepoistojen ja paloturvakaappien kanavat tulee olla haponkestävää HST -ilmastointikanavaa. Haponkestävällä kanavalla pystytään varmistamaan, etteivät kanavat pääse syöpymään niiden kautta poistettavien aineiden vaikutuksesta. Haponkestävässä kanavaosuudessa myös kaikkien ilmanvaihdon kanavaosien on oltava haponkestäviä, jotta kanava on kokonaisuudessaan suojattu syöpymiseltä. Haponkestävää kanavaa joudutaan myös käyttämään laboratoriotiloissa, joissa käytetään höyrykostutinta. Sillä pystytään varmistamaan, etteivät kanavat pääse ruostumaan. Myös muovikanava on varteenotettava vaihtoehto, sillä myös muovikanavalla voidaan estää kanavien syöpyminen. Laboratoriotiloissa, joissa käytetään erittäin syövyttäviä aineita, muovikanava voi olla ainut hyväksyttävä materiaali sen hyvän kemiallisten aineiden kestävyysajan takia. Muovikanavaa käytettäessä tulee ottaa huomioon sen palonkestävyys ja siitä aiheutuvat määräykset ja toimenpiteet.

### 5.2 Ilmanvaihtokanavien tiiviys

Huslab-työmaalla kanavien tiiveyden toteutamisessa käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelmaosan D2 määräyksiä ja ohjeita. Ennen painekokeita runkokanavien lisäksi haarakanavat asennetaan niin pitkälle kuin on mahdollista. Tiiveysluokaltaan C ovat avolaboratoriotilojen tulo- ja poistoilmakanavat. D-luokkaan kuuluvat sekä puhdistilojen tulo- ja poistoilmakanavat että BSL-tilojen ja virusviljelyn tuloilmakanavat. Luokal-

taan E eli kaikista tiiveimmiksi rakennettaviin kanaviin kuuluvat BSL-tilojen ja virusviljelyn poistoilmakanavat (Kuva 5). Tiiveysluokaltaan E kuuluvissa tiloissa tutkitaan vaarallisia viruksia ja bakteereja, jonka takia tiiveysluokka on korkein mahdollinen. Tilojen poistoilmanvaihdon tiiveydellä pystytään varmistamaan, että virukset eivät pääse leviämään rakennuksen sisällä ilmanvaihtokanavien kautta.

Tiiveysluokka	Sallittu vuotoilma $q_{VL}$ $\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$
A	$0,027 \times p_s^{0,65}$
B	$0,009 \times p_s^{0,65}$
C	$0,003 \times p_s^{0,65}$
D	$0,001 \times p_s^{0,65}$
E	$0,0003 \times p_s^{0,65}$

Kuva 5. Ilmanvaihtokanavien tiiveysluokkavaatimukset (12, s. 16).

Ilmanvaihtokanavien tiiveys saavutetaan käyttämällä ilmanvaihtokanavia ja kanavaosia, joissa on kumitiivisteet ja teippaamalla kaikki liitoskohdat tiiviiksi. C- ja D-tiiveysluokan kanavat koeistetaan 300 Pa:lla ja E-luokan 500 Pa:lla, jotta pystytään todentamaan kanavien tarvittava tiiveys.

Kaikki Huslab-rakennukseen tulevat laboratoriotilat, jotka suojataan ympäröiviltä epäpuhtauksilta tai ympäristö suojataan laboratorion epäpuhtauksilta, rakennetaan tiiviiksi rakennetuilla puhdastilaelementeillä. Kaikille tiiviiksi rakennetuille laboratoriotiloille tehdään koepaine ennen käyttöönottoa.

### 5.3 Ilmanvaihtokanavien varusteet

#### 5.3.1 Paineenhallintajärjestelmä

Laboratoriotilojen paineenhallintajärjestelmä on yksi tärkeimmistä asioista, jotta laboratoriot saadaan toimimaan juuri niille tarkoitetulla tavalla. Tulo- ja poistoilmaa säätämällä saadaan painesuhteet jokaiselle laboratoriotilalle oikeanlaiseksi. Oikeilla painesuhteilla pystytään hallitsemaan epäpuhtauksien leviämistä sinne kuulumattomiin tiloihin ja saadaan turvallinen työympäristö työskennellä.

Paineenhallintajärjestelmällä hallinnoidaan vetokaappien ja kohdepoistojen toimintaa, ilmanvaihtoa sekä laboratoriotilojen ilmastointia. Tilojen oikeaa paineistusta ylläpidetään seuraamalla laboratorion poistoilmamäärää, paloturvakaappien vakiomääräistä poistoilmamäärää ja vetokaappien ja kohdepoistojen poistoilmamäärää niiden käytön mukaan. Tuloilmavirran säätö tapahtuu seuraamalla hetkellistä poistoilmavirtaa ja säätämällä tuloilmavirtaa halutun poikkeaman mukaisesti tai aktiivisesti paine-eroanturin perusteella. Järjestelmä lisää tuloilmamäärää välittömästi, joten laboratoriotilan painesuhteet säilyvät tarkasti ilman viiveitä. Järjestelmä valvoo laboratoriotilojen paineistuksia reaaliajassa ja toimintahäiriön sattuessa ilmoittaa siitä välittömästi valvontayksikössä.

Tulo- ja poistoilmamääriä säädetään ilmamääräsäätimien (kuva 6) avulla. Laboratoriotilan kaikkiin tuloilmakanaviin asennetaan ilmamääräsäätimet. Myös poistopuolelle asennetaan ilmamääräsäätimet kaikkiin poistokanaviin sisältäen vetokaapit ja kohdepoistot. Poistopuoli varustetaan myös poistoilmavirran mittauksella. Poistopuolen ilmamääräsäätimillä ohjataan yleistä laboratorion poistoilmaa, kohdepoistojen ja vetokaappien poistomääriä niihin asetetulla tavalla. Poistoilmavirtojen yhteenlasketun määrän mukaan ohjataan tuloilmavirtaa, jolloin tila pysyy oikeassa paineistuksessa. Tulopuolen ilmamääräsäätimet ohjeistetaan seuraamaan poistopuolen ilmamääräsäätimiä, minkä perusteella ne pystyvät säätämään tulopuolen oikean ilmamäärän. (Liite 4.)



Kuva 6. Ilmamääräsäädin asennettuna tuloilmakanavaan. Ilmamääräsäätimen jälkeen on asennettu äänenvaimennin, jolla pyritään estämään ilmamääräsäätimen aiheuttamat ääniongelmät.

Paineenhallintajärjestelmä on tärkeä osa Huslab-rakennuksen toimintaa. Paineenhallintajärjestelmällä ohjataan kaikkien laboratoriotilojen ilmanvaihtoa lukuun ottamatta automaatiolaboratorion konesalia, johon tulee yleisilmanvaihto, joka toimii vakioilmamäärällä. Laboratorioiden ilma vaihtuu tapauskohtaisesti laboratoriotiloista riippuen 6–8 kertaa tunnissa.

BSL-tilojen ilmanvaihto toteutetaan siten, että ympäristö suojataan BSL-tiloita. Tilat on suunniteltu alipaineiseksi, jotta ilma BSL-tilojen sisäpuolelta ei pääse leviämään sen ympärillä oleviin tiloihin. BSL-tiloihin mennään välitilan kautta, joka alipaineistetaan 30 Pa:lla ja itse laboratoriotila alipaineistetaan 50 Pa:lla. Laboratorion sisälle asennetaan paine-eromittari, joka kytketään hälytysjärjestelmään väärän paineistuksen varalle. Ilmanvaihto kytketään myös varavoimaan, jotta BSL-tilojen toiminta pystytään varmistamaan poikkeustilanteissakin.

Puhdastilat puolestaan tehdään pääosin ylipaineisiksi tiloiksi, minkä avulla pystytään varmistamaan, että huonetila pysyy puhtaana eikä sinne pääse leviämään epäpuhtauksia ympäröivistä huoneista.

### 5.3.2 Hepa-suodatus

Hepa-suodatin on suodatin, joka on tehty poistamaan ilmasta pieniä hiukkasia. Suodattimet luokitellaan niiden alhaisimman epäpuhtauksien poistokyvyn perusteella. Suodattimen toimintaan vaikuttaa pääasiassa suodattimen paksuus, tiheys ja suodattimessa käytettyjen kuitujen halkaisija. (13)

Hepa-suodattimien suodatuskyky ilmoitetaan puhdistusprosenttina 0,3 µm:n kokoisilla hiukkasilla, koska hiukkaskoko 0,3 µm on Hepa-suodattimen läpäisevin hiukkaskoko. Suodattimen toiminta riippuu pääsääntöisesti ilmapirrasta, lämpötilasta ja hiukkasten määrästä. Suodattimen läpi kulkevan ilmapirran suuruus riippuu suodattimen aiheuttamasta ilmanvastuksesta, suodattimen painehäviöstä ja suodattimeen tarttuneiden hiukkasten määrästä. Suodattimen täyttyessä hiukkasista sen ilmavastus kasvaa, ja suodattimen läpi kulkeva ilmavirta pienenee. Suodattimen tukkiutuessa tarvittava ilmavirta ei pääse enää läpäisemään suodatinta, jolloin se tulee vaihtaa. (13)

Hepa-suodatin kestää myös jonkin verran kosteutta, mutta ilman suhteellisen kosteuden noustessa liian korkeaksi se voi tukkia suodattimen. Hepa-suodatin voidaan tarvittaessa tehdä kestäväksi jopa 200 celsiusasteen lämpöä. (13)

Ennen tuloilman johtamista Hepa-suodatuksen läpi tulee ilma esisuodattaa, jotta vältetään Hepa-suodattimen jatkuvalta vaihtamiselta. Kun isoimmat hiukkaset esisuodataan riittävällä tarkkuudella, saadaan Hepa-suodattimista pitkäikäisempiä. Kustannustehokkuuden kannalta on järkevää esisuodattaa ilma riittävän tehokkaasti, jotta vältetään kalliimpien suodattimien vaihtamiselta useammin. Jos esisuodatin ei suodata tarvittavan tehokkaasti, Hepa-suodatin tukkiutuu nopeasti. Esisuodatusta voidaan käyttää myös poistopuolella. Jos esisuodatusta käytetään poistopuolella, tulee sen turvallinen vaihtaminen ottaa huomioon. (13)

Laboratorioissa Hepa-suodatusta käytetään tiloissa, joissa laboratoriotila pitää suojata joko tilan ulkoisilta epäpuhtauksilta tai ulkopuoliset tilat suojataan laboratoriotilojen epäpuhtauksilta.

Huslab-rakennuksessa käytetään Hepa-suodatuksia sekä tulo- että poistoilmapuolella. Tuloilmapuolella käytetään Hepa-suodatuksia luokaltaan H11, H12 ja H14 puhdistiloissa, PCR-puhdistiloissa ja ultrapuhdistiloissa tilojen suodatusasteen tarpeiden mukaan. Suodatkset on sijoitettu tuloilmapäätelaitteiden yhteyteen.

Poistoilmapuolella Hepa-suodatuksia käytetään BSL- ja virusviljelylaboratoriotiloissa. Tilat varustetaan erillisillä poistoilmakojeilla. Poistoilma varustetaan kahdennetulla hepa-suodatuksella (kuva 7) luokaltaan H14, jonka suodatusaste on 99,95 %. Poistoilma varustetaan myös kaasutiiviillä sulkupelleillä Hepa-suodatusyksikön molemmin puolin. Suodatusyksikössä on liittimet, joilla Hepa-suodatin voidaan steriloida ennen vaihtoa, jolloin suodatin pystytään vaihtamaan turvallisesti. Kahdennetulla Hepa-suodatuksella pystytään varmistamaan, että Hepa-suodattimet voidaan vaihtaa turvallisesti ilman, että ilmanvaihtoa tarvitsee kytkeä pois päältä. Tällöin pystytään estämään ilman hallitsematon leviäminen, kun ilmanvaihto on jatkuvasti käytössä. Hepa-suodattimella saadaan suodatettua tilojen epäpuhtaudet, minkä jälkeen ilma voidaan johtaa pois rakennuksesta normaalin jäteilman tapaan.





Kuva 7. BSL-tilan poistoilman Hepa-suodatusyksikkö, joita kytketään kaksi rinnakkain. Kuvan vasemmalle puolelle on kytketty toinen rinnan.

Jäteilma luokitellaan neljään poistoilmaluokkaan. Luokan 1 poistoilma sisältää vähäisiä määriä epäpuhtauksia, jotka ovat suurimmaksi osaksi lähtöisin ihmisistä ja rakenteista. Luokan 2 poistoilma sisältää hieman epäpuhtauksia. Luokan 3 poistoilma sisältää kosteutta, kemikaaleja ja hajuja. Luokan 4 poistoilma sisältää suuria määriä pahanhajuisia tai epäterveellisiä epäpuhtauksia. Jäteilman luokituksen perusteella ulospuhalluslaitteen sijoitus, korkeus ja puhallusnopeus määräytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelmaosan D2 mukaisesti. (12, s.12.)

### 5.3.3 Kohdepoisto

Kohdepoistoilla pystytään estämään tehokkaasti laboratoriotiloissa syntyviä epäpuhtauksia, jotta likainen ilma ei pääse leviämään muualle ympäristöön. Kohdepoistoja asennetaan tiloihin, joissa tehdään paikallisesti epäpuhtauksia syntyviä töitä. Kohdepoisto on erinomainen tapa hallita epäpuhtauksien leviäminen työympäristöön, ja ilmanlaatu saadaan pidettyä hyvällä tasolla.

Kohdepoistot liitetään paineenhallintajärjestelmään. Paineenhallintajärjestelmällä säädetään erilaisten kohdepoistolaitteiden ilmavirtaa niiden tarpeiden mukaan. Kohdepoistoa valittaessa tulee ottaa huomioon kohdepoiston ilmamäärään riittävyys ja materiaali, jolla kohdepoiston imuvarsi valmistetaan. Jos kohdepoistolla poistetaan kemikaaleja, valitaan imuvarsi, joka on valmistettu kemiallisesti kestävästä aineesta, kuten polypropyleenistä. Jos imuvarrella ei ole erityisvaatimuksia, voidaan käyttää esimerkiksi alumiinista valmistettua imuvartta. Oikea imuvarsi valitaan poistettavan epäpuhtauden tyypistä. Myös poistoilmanvaihtokanavan materiaali valitaan kohdepoistossa poistettavien materiaalien mukaan.

Imuvarren pituudella, varren nivelien määrällä ja imuvarren päähän asennettavalla huvalla saadaan jokaiselle työpisteelle sopivanlainen kohdepoisto.

## 6 Höyry

### 6.1 Höyryputkien materiaalit

Höyry- ja lauhdeputkina käytetään saumattomia putkia, joiden tulee täyttää höyryputkistolle asetetut paineluokkavaatimukset. Höyryjärjestelmissä yleisimmin käytetään hiiliteräksiä, olettaen, että olosuhteet eivät ole erityisen korroosioalttiita. Järjestelmä voidaan rakentaa myös ruostumattomasta teräksestä tai haponkestävästä teräksestä. Lauhdeverkoston putkimateriaali on ruostumatonta terästä.

### 6.2 Höyry Huslab-rakennuksessa

Höyry Huslab-rakennukseen saadaan HUS:n sairaala-alueen höyryverkosta, joka tuodaan rakennukseen yhdystunnelin kautta. Höyryputken rinnalle asennetaan lauhteen keräysputki ja rakennus varustetaan lauhteen palautusjärjestelmällä ja höyryn määrämittauksella. Höyryä tarvitaan välinehuollon pesukoneille, autoklaaville ja BSL-laboratoriotilojen autoklaaville sekä tarvittaessa jäteveden sterilointiin.

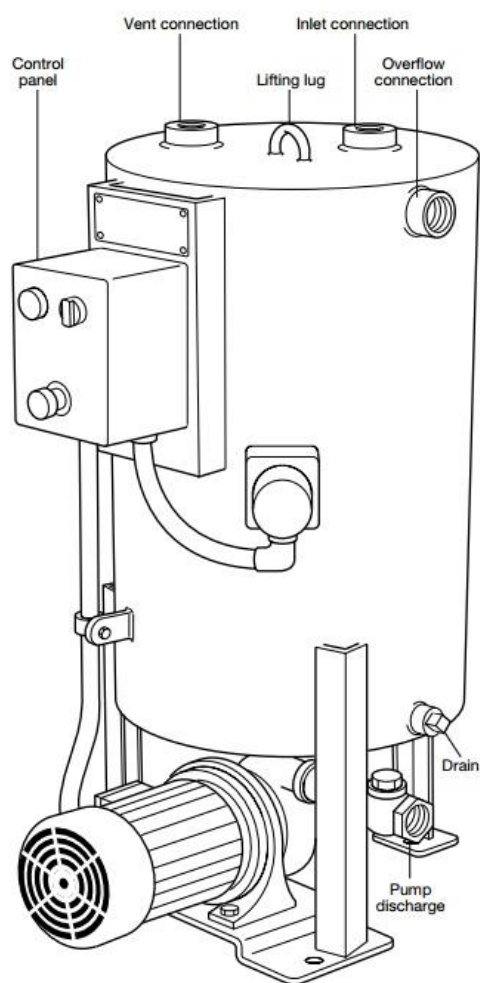
Autoklaavi on höyryllä toimiva paineastia, jota käytetään laboratoriovälineiden steriloinnissa. Sterilointi tapahtuu tyypillisimmin 121–134 °C:ssa. Autoklaavin toiminta perustuu kylläiseen höyryyn, ylipaineeseen, korkeaan lämpötilaan ja riittävään käsittelyaikaan. Autoklaavilla voidaan steriloida kaikkia materiaaleja, jotka kestävät korkeaa lämpötilaa.

Höyryputket rakennetaan ruostumattomasta teräksestä Tig-hitsauksella. Höyryputkien minimikaato on 1:200 ja ylimpiin kohtiin asennetaan ilmanpoistimet. Runkoputki ja putkistohaarat kulutuspileteille varustetaan höyryn kestäville sulkuventtiileillä. Venttiilien rakenneosat tulee olla haponkestävää terästä.

Myös lauhteen palautusputket rakennetaan ruostumattomasta teräksestä Tig-hitsauksella. Lauhteiden keräysjärjestelmän kulutuspiletit ja runkojen alimmat kohdat varustetaan lauhteenpoistimilla, jota ennen asennetaan lianerotin. Lauhteenpoistimet varustetaan höyrynkestäville sulkuventtiileillä. Lauhteen palautusjärjestelmänä käytetään Spirax Sarco M2107:ää.

Spirax Sarco M2107 -lauhteenpalautusjärjestelmä (kuva 8) koostuu lauhdesäiliön vastaanottimesta, pumpusta ja ohjauslaitteesta. Lauhteenpalautus säiliöön tapahtuu paineettomasti, vaikka säiliö testataan kestäämään 2,1 baarin painetta. Säiliö on rakennettu kuumasinkitystä teräksestä. (14)

Lauhteenpalautusjärjestelmän pumppu on suunniteltu toimimaan erittäin alhaisella imukorkeudella. Pumpun ulkopinta on valurautaa, ja juoksupyörä on valmistettu pronssista, pumpun akseli on ruostumatonta terästä. (14)



Kuva 8. Spirax Sarco M2107 -lauhteenpalautusyksikön putkiyhteiden selostus (11).

## 7 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä tehtiin yleinen selvitys laboratoriotilojen LVI-materiaaleista ja putkistovarusteista, niiden käyttötarkoituksista ja toimintaperiaatteista. Työn sisällön tarkoitus oli pysyä laboratoriotiloissa ja niissä käytettävissä materiaaleissa ja varusteissa. Työssä tuotiin esiin materiaalivalinnoissa ja varusteissa huomioitavia asioita, käyttäen esimerkkinä Huslab-työmaata. Tästä työstä selviää, mitä LVIA-tekniikalta vaaditaan, jotta laboratoriotilat saadaan toimimaan niille tarkoitettulla tavalla. LVIA-tekniikalla on olennainen osa, jotta laboratoriotilat saadaan turvallisiksi työskennellä ja pystytään estämään epäpuhtauksien leviäminen sille kuulumattomiin paikkoihin. Työstä selviää myös laboratoriotiloissa käytettävien LVI-tekniikkaan liitettävien laboratoriovarusteiden käyttötarkoitus ja toimintaperiaatteet.

Työ sisältää materiaalivalinnat ja varusteet veden, viemäroinnin, ilmanvaihdon ja höyryn osalta. Laboratoriotilat voivat sisältää muutakin tekniikkaa, kuten esimerkiksi eri kaasuputkistoja tai laboratoriotilat voivat olla liitetty sprinklerijärjestelmään ym. Näitä ei kuitenkaan ole käsitelty tässä opinnäytetyössä.

Työ onnistui mielestäni hyvin, ja tästä saatiin sopivan kattava kokonaisuus laboratoriotiloissa käytettävistä LVI-materiaaleista ja varusteista. Työssä pyrin pitämään sopivat tasapainot kokonaisuuksien välillä, niin että kaikki kokonaisuudet käytiin läpi kutakuinkin samalla laajuudella. Joissakin aiheissa ei ollut niin paljon varusteita laboratoriopäässä kuin toisissa, mutta nekin käytiin läpi sopivalla katsomallani tavalla. Käyttöveden imusuojausta pidin tärkeimpänä kokonaisuutena, joten se on käyty läpi hieman kokonaisvaltaisemmin kuin muut putkistovarusteet.

Tätä työtä tehdessä opin paljon laboratoriotiloissa käytettävistä varusteista ja niiden toimintaperiaatteista. Opin ymmärtämään materiaalivalintojen tärkeyden ja niiden valintoihin johtavat asiat paremmin, ja putkistomateriaalien hyviä ja huonoja puolia. Sain hyvän käsityksen siitä, kuinka virusten ja bakteerien leviäminen voidaan estää hallitusti ja kuinka laboratoriotilat saadaan turvallisiksi työskennellä. Mielestäni tämän opinnäytetyön teko oli onnistunut projekti kaikin puolin oppimisen kannalta.

## Lähteet

- 1 SRV Yhtiöt. 2014. Verkkodokumentti. SRV Rakennus Oy. <https://www.srv.fi/srv-yhtiona/srv-yhtiona>. Luettu 23.2.2015.
- 2 Huslab uudisrakennus Topeliuksenkatu 32. 2013. LVI-töiden työselitys
- 3 Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, D1. Helsinki: ympäristöministeriö
- 4 Standardi SFS-EN 1717, 2001. Vesilaitteistossa olevan talousveden suojaaminen saastumiselta ja laitteille asetetut yleiset vaatimukset takaisinvirtauksen aiheuttaman saastumisen ehkäisemiseksi. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys
- 5 Honeywell BA295. 2009. asennusohje
- 6 Redline –häätäsuihkut ja silmäsuihkut. 2010. Broen intelligent flow solutions
- 7 PE tekniset tiedot. 2012. Verkkodokumentti. Vink Passion for plastics. [http://www.tuotteet.vink.fi/media/tuotteet/pe/vink\\_pe\\_esite\\_a4\\_web.pdf](http://www.tuotteet.vink.fi/media/tuotteet/pe/vink_pe_esite_a4_web.pdf). Luettu 8.2.2015.
- 8 RST/HST HT-muhviputkijärjestelmä. 2011. Verkkodokumentti. Nestetekniikka Oy. <http://www.nestetekniikka.fi/wp-content/uploads/2012/03/Muhviputket-2011.pdf>. Luettu 8.2.2015.
- 9 Aquasafe SMU PLUS. Viemärintijärjestelmä vaativiin olosuhteisiin. Verkkodokumentti. Saint-Gobain Pipe Systems Oy. <http://www.sgps.fi/tuotetiedosto.asp?r=3&nimi=a216.pdf>. Luettu 8.2.2015
- 10 Steris Finn-Aqua CED Continuous Effluent Decontamination System For BSL-3&4 applications. 2014. Technical and commercial specification
- 11 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. 2004. Suomen rakentamismääräyskokoelma, E7. Helsinki: ympäristöministeriö
- 12 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, D2. Helsinki: ympäristöministeriö
- 13 Hepa- ja Ulpa-suodattimet. 2012. Perusteellista tietoa ilmanpuhdistimista. Verkkodokumentti. Oxygenium. <http://oxygenium.pro/puhdistustekniikat/hepa-ja-ulpa-suodatus/>. Luettu. 11.2.2015

- 14 M series condensaterecovery unit. Verkkodokumentti. Spirax Sarco.  
[http://www.spiraxsarco.com/Documents/M\\_Series\\_Condensate\\_Recovery\\_Unit-Technical\\_Information.pdf](http://www.spiraxsarco.com/Documents/M_Series_Condensate_Recovery_Unit-Technical_Information.pdf). Luettu 22.2.2015.

		Nesteiden luokka				
	Takaisinimusuoja	1	2	3	4	5
AA	Vapaa ilmaväli	*	•	•	•	•
AB	Ilmaväli ei pyöreällä ylivirtausaukolla (vapaa)	*	•	•	•	•
AC	Ilmaväli, veden alla oleva täyttö, sisällyttäen ilman sisääntuloaukon ja ylivirtausaukon	*	•	•	—	—
AD	Ilmaväli injektorilla	*	•	•	•	•
AF	Ilmaväli pyöreällä ylivirtausaukolla (rajoitettu)	*	•	•	•	—
AG	Ilmaväli ylivirtausaukolla testattuna alipainemittauksella	*	•	•	—	—
BA	Takaisinvirtauksen estin koestettavissa olevalla, säädetyllä painealueella	•	•	•	•	—
CA	Takaisinvirtauksen estin erilaisilla, ei koestettavissa olevilla painealueilla	•	•	•	—	—
DA	Johdossa oleva tyhjiöventtiili	O	O	O	—	—
DB	Putkikatkos ilma-aukolla ja liikkuvalla osalla	O	O	O	O	—
DC	Putkikatkos kiinteällä ilma-aukolla	O	O	O	O	O
EA	Koestettavissa oleva saastumisen estävä yksisuuntaventtiili	•	•	—	—	—
EB	Koestettavissa oleva saastumisen estävä yksisuuntaventtiili	Vain tiettyyn kotitalouskäyttöön (ks. kohta 6)				
EC	Koestettavissa oleva saastumisen estävä kaksoisyksisuuntaventtiili	•	•	—	—	—
ED	Ei koestettavissa oleva saastumisen estävä kaksoisyksisuuntaventtiili	Vain tiettyyn kotitalouskäyttöön (ks. kohta 6)				
GA	Mekaaninen suoratoiminen avoin yhteys	•	•	•	—	—
GB	Mekaaninen paineella toimiva avoin yhteys	•	•	•	•	—
HA	Letkuliitoksen takaisinvirtauksen estin	•	•	O	—	—
HB	Letkuliitoksen yksisuunta-tyhjiöventtiili yhdistelmä	O	O	—	—	—
HC	Automaattinen vaihdin	Vain tiettyyn kotitalouskäyttöön (ks. kohta 6)				
HD	Letkuliitoksen yksisuunta-tyhjiöventtiili yhdistelmä yhdistettynä yksisuuntaventtiiliin	•	•	O	—	—
LA	Paineella toimiva tyhjiöventtiili	O	O	—	—	—
LB	Paineella toimiva tyhjiöventtiili yhdistettynä jäljessä olevaan yksisuuntaventtiiliin	•	•	O	—	—

Yleisiä huomautuksia:  
Ilma-aukoilla varustettuja laitteita ei saa asentaa sinne, missä on tulvimisvaara (esim. AA, BA, CA, GA, GB...).

• kattaa riskin  
o kattaa riskin vain jos  $p = atm$   
— ei kata riskiä  
\* ei käyttökelpoinen



## Liite 2. PE-muoviputken ominaisuudet (5)

PE -Fysikaaliset ominaisuudet	Menetelmä	YKS.	PE300	PE500	PE1000	PE1000 reg.	Matrox
Ominaispaino <sup>1)</sup>	DIN EN ISO 1183-1	g/cm <sup>3</sup>	0,96	0,96	0,93	0,96	0,93
Veden imeytyminen <sup>1)</sup>	DIN EN ISO 62	%	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Palavuus	UL94		HB	HB	HB	HB	HB
Säänkesto			hyvä			koht.	hyvä
<b>Mekaaniset ominaisuudet</b>							
Vetolujuus	DIN EN ISO 527	MPa	22	27	20	22	20
Murtovenymä	DIN EN ISO 527	%	>50	>50	>200	>200	>200
Kimmomoduuli (veto)	DIN EN ISO 527	MPa	800	1200	680	700	670
Lovi-iskulujuus (Charpy)	DIN EN ISO 179-2	mJ/m <sup>2</sup>	10	-	-	-	4,0
Lovi-iskulujuus (14° kaksois V-lovi)	DIN EN ISO 179-2	mJ/m <sup>2</sup>	150	>20	>130	>100	>100
Kovuus, Shore	DIN EN ISO 868 /15sek	D	63	65	63	65	63
<b>Lämpöominaisuudet</b>							
Kidesulamislämpötila	ISO 11357-3	°C	135	135	135	135	135
Lämmönjohtavuus	DIN 52612-2	W/(m·K)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,4
Ominaislämpökapasiteetti	DIN 52612	kJ/(kg·K)	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Lin. lämpölaajenemiskerroin	DIN 53752	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	150...230	150...230	150...230	150...230	150...230
Lämmönkesto, jatkuva		°C	80	80	80	80	80
Lämmönkesto, lyhytaikainen		°C	100	100	130	130	130
Kylmänkesto, jatkuva		°C	-50	-100	-250	-150	-250
Muodonmuutoslämpötila	DIN EN ISO 306 VICAT B	°C	67	79	79	79	79
<b>Sähköiset ominaisuudet</b>							
Dielektrisyysvakio	IEC 60250		2,50	2,30	2,3	-2,3	2,3
Eristehäviökerroin	IEC 60250		3,5...4 ·10 <sup>-4</sup>	2 ·10 <sup>-4</sup>	1 ·10 <sup>-4</sup>	4 ·10 <sup>-4</sup>	1 ·10 <sup>-4</sup>
Ominaisvastus	IEC 60093	Ω · cm	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>
Pintavastus	IEC 60093	Ω	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>12</sup>	>10 <sup>14</sup>
CTI-arvo	IEC 60112		600	600	600	600	600
Läpilyöntilujuus	IEC 60243	kV/mm	45	45	45	45	45

Esitteessä annetut tekniset tiedot ovat ohjearvoja, eivätkä sido materiaalin toimittajaa.

Liite 3. HST-viemäriputken materiaalien vastustuskykytaulukko (7)

Kemikaali	Ruostumaton Teräs		EPDM	Viton	Kemikaali	Ruostumaton Teräs		EPDM	Viton
	AISI 304	AISI 316L				AISI 304	AISI 316L		
Etikkahappo 20 %	✓	✓	✓	✓	Kloorietikkahappo	?	?	?	x
Etikkahappo 80 %	x	✓	✓	✓	Klooribentseeni	✓	✓	x	✓
Asetoni	✓	✓	✓	✓	Kloroformi	?	?	x	✓
Alkoholi (Metanoli tai Etanoli)	✓	✓	✓	?	Kromihappo 50 %	x	x	?	✓
Alumiinikloridi	?	?	✓	✓	Kromihappo 10 %	✓	✓	x	?
Alumiinisulfaatti	✓	✓	✓	✓	Sitruunahappo	?	✓	✓	✓
Ammoniakki (kuiva)	✓	✓	-	-	Kuparikloridi	x	x	✓	✓
Ammoniumkloridi	?	?	✓	✓	Kuparisyanidi	✓	✓	✓	✓
Ammoniumhydroksidi	✓	✓	✓	✓	Kuparinitraatti	✓	✓	-	✓
Ammoniumnitraatti	✓	✓	✓	✓	Kuparisulfaatti	✓	✓	✓	✓
Ammoniumfosfaatti	?	x	✓	✓	Pellavaöljy	✓	✓	x	✓
Ammoniumsulfaatti	?	✓	✓	✓	Kresoli	✓	✓	x	✓
Ammoniumsulfidi	✓	✓	-	-	Cyclohexanone	✓	✓	?	✓
Amyyliikloridi	✓	✓	x	?	Sykloheksaani	✓	✓	x	✓
Aniliini	✓	✓	?	✓	Cyclohexanone	✓	✓	?	x
Bariumkloridi	✓	✓	✓	✓	Dietyyliamiini	✓	✓	?	✓
Bariumhydroksidi 10 %	-	-	✓	✓	Dimethylaniline	✓	✓	?	x
Bariumsulfaatti	✓	✓	✓	✓	Natriumfosfaatti	-	-	✓	✓
Bariumsulfidi	-	-	✓	✓	Tislattu vesi	✓	✓	✓	✓
Olut	✓	✓	✓	✓	Etyyliasettaatti	✓	✓	?	x
Beet Sugar Liquors	✓	✓	✓	✓	Etyleenikloridi	✓	✓	x	?
Bentseeni	✓	✓	x	✓	Glykoli	✓	✓	✓	✓
Bentsoehappo	✓	✓	x	✓	Pentaanihappo	✓	✓	x	✓
Valkaisaineet -12,5 % veteen	-	-	✓	x	Ferric Sulphate	✓	✓	✓	✓
Bromihappo	✓	✓	✓	✓	Fluorikaasut (märät)	x	x	✓	?
Boorihappo	?	?	-	-	Formaldehydi 37 %	✓	✓	✓	✓
Bromivesi	x	x	-	-	Muuraushappo 90 %	x	✓	✓	?
Butaani	✓	✓	x	✓	Freoni 12	✓	✓	✓	✓
Kalsiumkarbonaatti	✓	✓	✓	✓	Hedelmämehu ja hedelmähä	?	✓	-	✓
Kalsiumkloridi	x	?	✓	✓	Furfuraali	✓	✓	x	x
Kalsiumhydroksidi (pursotettu, kuiva)	?	✓	✓	✓	Bensini (Raffinoitu)	✓	✓	x	✓
Kalsiumhypokloriitti	x	?	?	✓	Glukoosi	✓	✓	✓	✓
Kalsiumsulfaatti	✓	✓	✓	✓	Glyseriini	✓	✓	✓	✓
Cane Sugar Liquors	-	-	✓	✓	Bromivetyhappo 20 %	x	x	✓	✓
Hälihappo	✓	✓	✓	✓	Suolahappo 40 %	x	x	x	✓
Rikkihappo	✓	✓	x	✓	Syaanivetyhappo	✓	✓	?	✓
Häliidoksidi	✓	✓	✓	✓	Vetyperoksidiliuos 90 %	✓	✓	x	✓
Hälimonoksidi	✓	✓	✓	✓	Hydroquinone	✓	✓	x	✓
Hälitetraakloridi	✓	✓	x	✓	Alkloorihapoke (kloorivesi)	x	x	x	✓
Caustic Potash	✓	✓	✓	✓					
Lipeä 20 %	✓	✓	✓	✓					
Lipeä 50 %	✓	✓	✓	✓					
Lipeä 80 %	x	✓	?	?					
Kloori (kuiva)	?	?	✓	✓					
Kloori (märkä)	x	x	x	✓					

Liite 4. Esimerkki paineenhallintajärjestelmän kytkentä- ja säätökaaviosta

